

## FIBRE OPTIQUE A COMPENSATION DE DISPERSION CHROMATIQUE

L'invention concerne le domaine des fibres optiques pour réseau de transmission à multiplexage en longueur d'onde.

5 L'augmentation des débits d'information sur ce type de réseau impose une compensation de la dispersion chromatique et de la pente de dispersion sur une bande spectrale de plus en plus large. La bande dite S correspond à une bande spectrale allant approximativement de 1460nm à 1530nm. La bande dite C correspond à une bande spectrale allant  
10 approximativement de 1530nm à 1565nm. La bande dite L correspond à une bande spectrale allant approximativement de 1565nm à 1625nm. La bande dite U correspond à une bande spectrale allant approximativement de 1625nm à 1675nm. La bande spectrale la plus couramment utilisée est la bande C. De plus en plus, apparaît une tendance à vouloir, en plus  
15 de la bande C, utiliser les bandes S et L, voire même la bande U.

Dans l'art antérieur, il est connu d'associer certains types de fibres optiques à dispersion décalée réduisant les effets non-linéaires croisés (« non-zero dispersion shifted fiber » en terminologie anglo-saxonne correspondant à l'abréviation NZ-DSF) à des fibres de  
20 compensation de dispersion (« dispersion compensating fiber » en terminologie anglo-saxonne correspondant à l'abréviation DCF), ce qui permet d'obtenir une ligne de transmission dont la dispersion est nulle sur une large plage spectrale.

Selon un premier art antérieur par exemple décrit dans la demande de brevet WO 01/01179, il est connu d'utiliser une fibre optique à compensation de dispersion chromatique présentant une faible pente, mais le rapport dispersion chromatique sur pente de dispersion chromatique pour cette fibre optique est trop faible et ne permet pas de compenser efficacement des fibres de ligne de type NZDSF à pente de dispersion chromatique faible.

Selon un deuxième art antérieur présenté à la conférence OECC/IOOC'01 dans un rapport intitulé « dispersion flattened fiber with high negative dispersion », des simulations numériques présentent une fibre optique à compensation de dispersion chromatique dont le rapport dispersion chromatique sur pente de dispersion chromatique est très élevé, mais les simulations, présentées oralement à cette même conférence, ne les confirment pas et présentent au contraire des valeurs usuelles dont un diamètre de mode de l'ordre de  $4\mu\text{m}$ .

L'invention propose une fibre optique à compensation de dispersion chromatique qui, ayant un rapport dispersion chromatique sur pente de dispersion chromatique suffisamment élevé, et avantageusement une pente de dispersion chromatique faible, peut compenser une fibre optique de ligne de type NZ-DSF à faible pente de dispersion chromatique. La fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention possède également un diamètre de mode assez élevé, ce qui lui permet d'être utilisable dans des lignes de transmission optique à très hauts débits, par exemple supérieur à 40

Gigabits par seconde. Le compromis réalisé par la fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention permet une compensation efficace sur une très large plage spectrale pouvant aller jusqu'à englober les bandes S, C, L et U.

5            Selon l'invention, il est prévu une fibre optique à compensation de dispersion chromatique sur plusieurs bandes spectrales dont au moins la bande C, pour réseau de transmission à multiplexage en longueur d'onde, comportant successivement du centre vers la périphérie un cœur présentant un profil d'indice variable puis une gaine d'indice constant, le  
10    profil d'indice variable du cœur comportant successivement, du centre vers la périphérie, une tranche centrale d'indice maximum supérieur à l'indice de la gaine, une tranche enterrée d'indice minimum inférieur à l'indice de la gaine, une tranche annulaire d'indice maximum supérieur à l'indice de la gaine et inférieur à l'indice maximum de la tranche centrale,  
15    les rayons et les indices de chacune des tranches étant déterminés de manière à ce que la fibre optique à compensation de dispersion présente, d'une part à la longueur d'onde de 1550nm, premièrement une dispersion chromatique inférieure à  $-8\text{ps/nm.km}$ , deuxièmement un rapport dispersion chromatique sur pente de dispersion chromatique  
20    dont la valeur absolue est supérieure à 750nm, troisièmement un diamètre de mode supérieur à  $5\mu\text{m}$ , et d'autre part à la longueur d'onde de 1625nm, des pertes par courbure pour un rayon de 10mm qui sont inférieures à 400dB/m.

De préférence, les rayons et les indices de chacune des tranches sont déterminés de manière à ce que la fibre optique à compensation de dispersion présente, à la longueur d'onde de 1550nm, un rapport dispersion chromatique sur pente de dispersion chromatique dont la  
5 valeur absolue est supérieure à 1500nm.

De préférence, la fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention compense la dispersion chromatique d'une fibre optique de ligne sur les bandes spectrales S, C, L et U.

De préférence, les rayons et les indices de chacune des tranches  
10 de la fibre optique à compensation de dispersion selon l'invention sont déterminés de manière à ce que ladite fibre optique à compensation de dispersion présente, à la longueur d'onde de 1550nm, une pente de dispersion chromatique dont la valeur absolue est inférieure à 0,02ps/nm<sup>2</sup>.km.

15 De préférence, les rayons et les indices de chacune des tranches tranches de la fibre optique à compensation de dispersion selon l'invention sont déterminés de manière à ce que ladite fibre optique à compensation de dispersion présente, à la longueur d'onde de 1550nm, une surface effective supérieure à 20μm<sup>2</sup>.

20 La fibre optique à compensation de dispersion selon l'invention est associée à une fibre optique de ligne dans un système de transmission à fibre optique. Dans une forme de réalisation, le système de transmission à fibre optique comprend l'association d'une fibre optique de ligne et d'une fibre optique à compensation de dispersion

selon l'invention en ligne. Dans une autre forme de réalisation, le système de transmission à fibre optique comprend l'association d'une fibre optique de ligne et d'une fibre optique à compensation de dispersion selon l'invention en module.

5 Dans un premier mode de réalisation préférentiel de l'invention, la fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention comprend un premier type de profil d'indice variable du cœur à trois tranches. Le premier type de profil d'indice variable du cœur est successivement constitué, du centre vers la périphérie, d'une tranche  
10 centrale d'indice maximum supérieur à l'indice de la gaine, d'une tranche enterrée d'indice minimum inférieur à l'indice de la gaine, d'une tranche annulaire d'indice maximum supérieur à l'indice de la gaine et inférieur à l'indice maximum de la tranche centrale. La tranche centrale est de préférence en forme de trapèze ou de rectangle, mais elle peut aussi être  
15 par exemple en forme de triangle ou en alpha. Les autres tranches sont de préférence en forme de rectangle, mais elles peuvent aussi être par exemple en forme de trapèze ou de triangle ou en alpha.

Afin d'augmenter l'étendue de la plage spectrale pour laquelle la dispersion chromatique de la fibre optique de ligne est compensée le  
20 plus efficacement possible par la fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention ainsi que les autres propriétés de la fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention, un certain nombre des plages ou de relations préférentielles

notamment pour les indices et les rayons du deuxième type de profil d'indice du cœur vont maintenant être données.

Dans une première famille de fibres optiques à compensation de dispersion chromatique, les rayons et les indices de chacune des tranches sont déterminés de manière à ce que la fibre optique à compensation de dispersion présente, à la longueur d'onde de 1550nm, une dispersion chromatique comprise entre  $-40\text{ps/nm.km}$  et  $-8\text{ps/nm.km}$ . C'est dans cette première famille, plutôt que dans la deuxième famille décrite ultérieurement qu'il est particulièrement avantageux que la fibre optique à compensation de dispersion selon l'invention présente une faible pente de dispersion chromatique.

De préférence, la différence ( $\Delta n_2$ ) entre l'indice minimum de la tranche enterrée et l'indice de la gaine est comprise entre  $-3,0.10^{-3}$  et  $0,0.10^{-3}$  et le rayon extérieur ( $r_2$ ) de la tranche enterrée est compris entre  $5,8\mu\text{m}$  et  $8,5\mu\text{m}$ .

De préférence, la différence ( $\Delta n_3$ ) entre l'indice maximum de la tranche annulaire et l'indice de la gaine est comprise entre  $1,0.10^{-3}$  et  $6,0.10^{-3}$  et le rayon extérieur ( $r_3$ ) de la tranche annulaire est compris entre  $7,2\mu\text{m}$  et  $9,7\mu\text{m}$ .

De préférence, la valeur du double de l'intégrale ( $S_1 = 2 \cdot \int_0^{r_1} \Delta n(r) r \cdot dr$ ), entre un rayon nul et le rayon ( $r_1$ ) de la partie de la tranche centrale présentant un indice supérieur à l'indice de la gaine, du produit du rayon

par la différence d'indice par rapport à la gaine, est comprise entre  $39.10^{-3}$  et  $65.10^{-3} \mu\text{m}^2$ .

De préférence, la valeur du double de l'intégrale ( $S_2 = 2. \int_{r_1}^{r_2} \Delta n(r).r.dr$ ),  
entre le rayon ( $r_1$ ) de la partie de la tranche centrale présentant un indice  
5 supérieur à l'indice de la gaine et le rayon ( $r_2$ ) de la partie de la tranche  
enterrée présentant un indice inférieur à l'indice de la gaine, du produit  
du rayon par la différence d'indice par rapport à la gaine, est comprise  
entre  $-150.10^{-3}$  et  $-10.10^{-3} \mu\text{m}^2$ .

De préférence, la valeur du double de l'intégrale ( $S_3 = 2. \int_{r_2}^{r_3} \Delta n(r).r.dr$ ),  
10 entre le rayon ( $r_2$ ) de la partie de la tranche enterrée présentant un indice  
inférieur à l'indice de la gaine et le rayon ( $r_3$ ) de la partie de la tranche  
annulaire présentant un indice supérieur à l'indice de la gaine, du produit  
du rayon par la différence d'indice par rapport à la gaine, est comprise  
entre  $30.10^{-3}$  et  $140.10^{-3} \mu\text{m}^2$ .

15 De préférence, la valeur du triple de l'intégrale ( $S_{11} = 3. \int_0^{r_1} \Delta n(r).r^2.dr$ ),  
entre un rayon nul et le rayon ( $r_1$ ) de la partie de la tranche centrale  
présentant un indice supérieur à l'indice de la gaine, du produit du carré  
du rayon par la différence d'indice par rapport à l'indice de la gaine, est  
comprise entre  $59.10^{-3} \mu\text{m}^3$  et  $123.10^{-3} \mu\text{m}^3$ .

20 Lorsque la tranche centrale est en forme de rectangle, la  
différence ( $\Delta n_1$ ) entre l'indice maximum de la tranche centrale et l'indice  
de la gaine est préférentiellement comprise entre  $14,0.10^{-3}$  et  $20,0.10^{-3}$

et le rayon ( $r_1$ ) de la partie de la tranche centrale présentant un indice supérieur à l'indice de la gaine est préférentiellement compris entre  $1,4\mu\text{m}$  et  $1,9\mu\text{m}$ .

Lorsque la tranche centrale est en forme de trapèze, la différence  
 5 ( $\Delta n_1$ ) entre l'indice maximum de la tranche centrale et l'indice de la gaine est préférentiellement comprise entre  $14,0 \cdot 10^{-3}$  et  $20,0 \cdot 10^{-3}$ , le rayon ( $r_1$ ) de la partie de la tranche centrale présentant un indice supérieur à l'indice de la gaine est préférentiellement compris entre  $1,4\mu\text{m}$  et  $1,9\mu\text{m}$  et le rayon ( $r_{1a}$ ) de la partie de la tranche centrale présentant l'indice  
 10 maximum de la tranche centrale est préférentiellement compris entre  $1,3\mu\text{m}$  et  $1,9\mu\text{m}$ .

Dans une deuxième famille de fibres optiques à compensation de dispersion chromatique, les rayons et les indices de chacune des tranches sont déterminés de manière à ce que la fibre optique à compensation de  
 15 dispersion présente, à la longueur d'onde de  $1550\text{nm}$ , une dispersion chromatique inférieure à  $-40\text{ps/nm.km}$ .

De préférence, la différence ( $\Delta n_2$ ) entre l'indice minimum de la tranche enterrée et l'indice de la gaine est comprise entre  $-5,0 \cdot 10^{-3}$  et  $0,0 \cdot 10^{-3}$  et le rayon extérieur ( $r_2$ ) de la tranche enterrée est compris entre  
 20  $3,7\mu\text{m}$  et  $6,7\mu\text{m}$ .

De préférence, la différence ( $\Delta n_3$ ) entre l'indice maximum de la tranche annulaire et l'indice de la gaine est comprise entre  $1,0 \cdot 10^{-3}$  et  $8,0 \cdot 10^{-3}$  et le rayon extérieur ( $r_3$ ) de la tranche annulaire est compris entre  $6,1\mu\text{m}$  et  $8,4\mu\text{m}$ .



De préférence, la valeur du double de l'intégrale ( $S_1 = 2 \cdot \int_0^{r_1} \Delta n(r) \cdot r \cdot dr$ ),  
entre un rayon nul et le rayon ( $r_1$ ) de la partie de la tranche centrale  
présentant un indice supérieur à l'indice de la gaine, du produit du rayon  
par la différence d'indice par rapport à la gaine, est comprise entre  
5  $32 \cdot 10^{-3}$  et  $52 \cdot 10^{-3} \mu\text{m}^2$ .

De préférence, la valeur du double de l'intégrale ( $S_2 = 2 \cdot \int_{r_1}^{r_2} \Delta n(r) \cdot r \cdot dr$ ),  
entre le rayon ( $r_1$ ) de la partie de la tranche centrale présentant un indice  
supérieur à l'indice de la gaine et le rayon ( $r_2$ ) de la partie de la tranche  
enterrée présentant un indice inférieur à l'indice de la gaine, du produit  
10 du rayon par la différence d'indice par rapport à la gaine, est comprise  
entre  $-70 \cdot 10^{-3}$  et  $-4 \cdot 10^{-3} \mu\text{m}^2$ .

De préférence, la valeur du double de l'intégrale ( $S_3 = 2 \cdot \int_{r_2}^{r_3} \Delta n(r) \cdot r \cdot dr$ ),  
entre le rayon ( $r_2$ ) de la partie de la tranche enterrée présentant un indice  
inférieur à l'indice de la gaine et le rayon ( $r_3$ ) de la partie de la tranche  
15 annulaire présentant un indice supérieur à l'indice de la gaine, du produit  
du rayon par la différence d'indice par rapport à la gaine, est comprise  
entre  $7 \cdot 10^{-3}$  et  $150 \cdot 10^{-3} \mu\text{m}^2$ .

De préférence, la valeur du triple de l'intégrale ( $S_{11} = 3 \cdot \int_0^{r_1} \Delta n(r) \cdot r^2 \cdot dr$ ),  
entre un rayon nul et le rayon ( $r_1$ ) de la partie de la tranche centrale  
20 présentant un indice supérieur à l'indice de la gaine, du produit du carré

du rayon par la différence d'indice par rapport à l'indice de la gaine, est comprise entre  $40.10^{-3} \mu\text{m}^3$  et  $80.10^{-3} \mu\text{m}^3$ .

Lorsque la tranche centrale est en forme de rectangle, la différence ( $\Delta n_1$ ) entre l'indice maximum de la tranche centrale et l'indice de la gaine est préférentiellement comprise entre  $17,0.10^{-3}$  et  $25,0.10^{-3}$  et le rayon ( $r_1$ ) de la partie de la tranche centrale présentant un indice supérieur à l'indice de la gaine est préférentiellement compris entre  $1,2\mu\text{m}$  et  $1,7\mu\text{m}$ .

Lorsque la tranche centrale est en forme de trapèze, la différence ( $\Delta n_1$ ) entre l'indice maximum de la tranche centrale et l'indice de la gaine est préférentiellement comprise entre  $17,0.10^{-3}$  et  $25,0.10^{-3}$ , le rayon ( $r_1$ ) de la partie de la tranche centrale présentant un indice supérieur à l'indice de la gaine est préférentiellement compris entre  $1,2\mu\text{m}$  et  $1,7\mu\text{m}$  et le rayon ( $r_{1a}$ ) de la partie de la tranche centrale présentant l'indice maximum de la tranche centrale est préférentiellement compris entre  $1,1\mu\text{m}$  et  $1,7\mu\text{m}$ .

De préférence, pour toutes les fibres optiques à compensation de dispersion chromatique selon l'invention correspondant au premier mode de réalisation, les rayons et les indices de chacune des tranches sont déterminés de manière à ce que la fibre optique à compensation de dispersion présente une longueur d'onde de coupure théorique supérieure à  $1600\text{nm}$ .

Dans un deuxième mode de réalisation préférentiel de l'invention, la fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon

l'invention comprend un deuxième type de profil d'indice variable du cœur à quatre tranches. Le deuxième type de profil d'indice variable du cœur est successivement constitué, du centre vers la périphérie, d'une tranche centrale d'indice maximum supérieur à l'indice de la gaine, d'une  
5 première tranche enterrée d'indice minimum inférieur à l'indice de la gaine, d'une tranche annulaire d'indice maximum supérieur à l'indice de la gaine et inférieur à l'indice maximum de la tranche centrale, d'une deuxième tranche enterrée d'indice minimum inférieur à l'indice de la gaine. La tranche centrale est de préférence en forme de rectangle, mais  
10 elle peut aussi être en forme de trapèze ou de triangle ou en alpha. Les autres tranches sont de préférence en forme de rectangle, mais elles peuvent aussi être par exemple en forme de trapèze ou de triangle ou en alpha.

Dans un troisième mode de réalisation, la fibre optique à  
15 compensation de dispersion chromatique selon l'invention comprend un troisième type de profil d'indice variable du cœur qui est successivement constitué, du centre vers la périphérie, d'une tranche centrale d'indice maximum supérieur à l'indice de la gaine, d'une tranche enterrée d'indice minimum inférieur à l'indice de la gaine, d'une première tranche  
20 annulaire d'indice maximum supérieur à l'indice de la gaine et inférieur à l'indice maximum de la tranche centrale, d'une deuxième tranche annulaire d'indice maximum supérieur à l'indice de la gaine et supérieur à l'indice de la première tranche annulaire. La tranche centrale est de préférence en forme de rectangle, mais elle peut aussi être en forme de

trapèze ou de triangle ou en alpha. Les autres tranches sont de préférence en forme de rectangle, mais elles peuvent aussi être par exemple en forme de trapèze ou de triangle ou en alpha.

Dans un quatrième mode de réalisation, la fibre optique à  
5 compensation de dispersion chromatique selon l'invention comprend un quatrième type de profil d'indice variable du cœur qui est successivement constitué, du centre vers la périphérie, d'une tranche centrale d'indice maximum supérieur à l'indice de la gaine, d'une première tranche enterrée d'indice minimum inférieur à l'indice de la gaine, d'une  
10 deuxième tranche enterrée d'indice minimum inférieur à l'indice de la gaine et supérieur à l'indice de la première tranche enterrée, d'une tranche annulaire d'indice maximum supérieur à l'indice de la gaine et inférieur à l'indice maximum de la tranche centrale. La tranche centrale est de préférence en forme de rectangle, mais elle peut aussi être en  
15 forme de trapèze ou de triangle ou en alpha. Les autres tranches sont de préférence en forme de rectangle, mais elles peuvent aussi être par exemple en forme de trapèze ou de triangle ou en alpha.

De préférence, pour toutes les fibres optiques à compensation de dispersion chromatique selon l'invention correspondant aux deuxième,  
20 troisième et quatrième modes de réalisation, les rayons et les indices de chacune des tranches sont déterminés de manière à ce que la fibre optique à compensation de dispersion présente une longueur d'onde de coupure théorique supérieure à 1550nm.

L'invention sera mieux comprise et d'autres particularités et avantages apparaîtront à l'aide de la description ci-après et des dessins joints, donnés à titre d'exemples, où :

– la figure 1 représente schématiquement un exemple de premier  
5 type de profil à trois tranches d'une fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention ;

– la figure 2 représente un tableau comprenant les valeurs de rayons et de différences d'indice pour une dizaine d'exemples de profils de cet exemple de premier type de fibre optique à compensation de  
10 dispersion chromatique selon l'invention ;

– la figure 3 représente un tableau comprenant certaines propriétés des profils de fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention définis à la figure 2 ;

– la figure 4 représente un tableau comprenant d'autres  
15 propriétés des profils de fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention définis à la figure 2 ;

– la figure 5 représente un tableau comprenant d'autres propriétés des profils de fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention définis à la figure 2 ;

20 – la figure 6 représente un tableau comprenant d'autres propriétés des profils de fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention définis à la figure 2 ;

– la figure 7 représente schématiquement un autre exemple de premier type de profil à trois tranches d'une fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention ;

– la figure 8 représente un tableau comprenant les valeurs de rayons et de différences d'indice pour une dizaine d'exemples de profils de cet autre exemple de premier type de fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention ;

– la figure 9 représente un tableau comprenant certaines propriétés des profils de fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention définis à la figure 8 ;

– la figure 10 représente un tableau comprenant d'autres propriétés des profils de fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention définis à la figure 8 ;

– la figure 11 représente un tableau comprenant d'autres propriétés des profils de fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention définis à la figure 8 ;

– la figure 12 représente un tableau comprenant d'autres propriétés des profils de fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention définis à la figure 8 ;

– la figure 13 représente schématiquement des deuxième, troisième et quatrième types de profil à quatre tranches d'une fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention ;

– la figure 14 représente un tableau comprenant les valeurs de rayons et de différences d'indice pour une dizaine d'exemples des

deuxième, troisième et quatrième types de profil de fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention ;

– la figure 15 représente un tableau comprenant certaines propriétés des profils de fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention définis à la figure 14 ;

– la figure 16 représente un tableau comprenant d'autres propriétés des profils de fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention définis à la figure 14 ;

– la figure 17 représente un tableau comprenant d'autres propriétés des profils de fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention définis à la figure 14 ;

– la figure 18 représente un tableau comprenant d'autres propriétés des profils de fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention définis à la figure 14 ;

– la figure 19 représente la variation de la dispersion chromatique dans les bandes S, C, L et U, des exemples de profil n°8a, n°8b et n°2c.

La figure 1 représente schématiquement un exemple de premier type de profil à trois tranches d'une fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention. La première tranche appelée tranche centrale présente une différence maximale d'indice  $\Delta n_1$  avec l'indice constant de la gaine et un rayon extérieur  $r_1$ . La différence d'indice maximale  $\Delta n_1$  est positive. De préférence, entre un rayon nul et le rayon  $r_1$ , l'indice est constant et maximum. La deuxième tranche

appelée tranche enterrée présente une différence maximale d'indice  $\Delta n_2$  avec l'indice constant de la gaine et un rayon extérieur  $r_2$ . La différence d'indice maximale  $\Delta n_2$  est négative. De préférence, entre le rayon  $r_1$  et le rayon  $r_2$ , l'indice est constant. La troisième tranche appelée tranche annulaire présente une différence maximale d'indice  $\Delta n_3$  avec l'indice constant de la gaine et un rayon extérieur  $r_3$ . La différence d'indice maximale  $\Delta n_3$  est positive. De préférence, entre le rayon  $r_2$  et le rayon  $r_3$ , l'indice est constant. Au-delà du rayon  $r_3$  se trouve la gaine d'indice constant.

La figure 2 représente un tableau comprenant les valeurs de rayons et de différences d'indice pour une dizaine d'exemples de profils de cet exemple de premier type de fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention. La colonne de gauche comprend la dénomination des exemples du n°1a au n°10a. Les trois colonnes suivantes expriment en  $\mu\text{m}$  des rayons du profil d'indice variable de cœur. Les trois dernières colonnes expriment mille fois des différences d'indice (sans unité).

La figure 3 représente un tableau comprenant certaines propriétés des profils de fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention définis à la figure 2. La colonne de gauche comprend la dénomination des exemples du n°1a au n°10a. Pour chaque exemple considéré, les autres colonnes représentent des propriétés de la fibre optique correspondant à l'exemple considéré. La colonne suivante représente la pente de dispersion chromatique  $C'$  exprimée en



ps/nm<sup>2</sup>.km à une longueur d'onde valant 1550nm. La colonne suivante représente le rapport dispersion chromatique C sur pente de dispersion chromatique C' exprimée en nm à une longueur d'onde valant 1550nm. La colonne suivante représente le diamètre de mode  $2W_{02}$ , à la longueur d'onde de 1550nm, exprimé en  $\mu\text{m}$ . La dernière colonne représente la

5 longueur de coupure théorique  $\lambda_{\text{cth}}$  exprimée en nm.

La figure 4 représente un tableau comprenant d'autres propriétés des profils de fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention définis à la figure 2. La colonne de gauche comprend la

10 dénomination des exemples déjà expliquée ci-dessus. Pour chaque exemple considéré, les autres colonnes représentent des propriétés de la fibre optique correspondant à l'exemple considéré. Les quatre colonnes suivantes représentent des surfaces effectives  $S_{\text{eff}}$  exprimées en  $\mu\text{m}^2$  respectivement aux longueurs d'onde de 1460nm, 1550nm, 1625nm et

15 1675nm.

La figure 5 représente un tableau comprenant d'autres propriétés des profils de fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention définis à la figure 2. La colonne de gauche comprend la dénomination des exemples déjà expliquée ci-dessus. Pour chaque

20 exemple considéré, les autres colonnes représentent des propriétés de la fibre optique correspondant à l'exemple considéré. Les quatre colonnes suivantes représentent des dispersions chromatiques C exprimées en ps/nm.km respectivement aux longueurs d'onde de 1460nm, 1550nm, 1625nm et 1675nm.

La figure 6 représente un tableau comprenant d'autres propriétés des profils de fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention définis à la figure 2. La colonne de gauche comprend la dénomination des exemples déjà expliquée ci-dessus. Pour chaque

5 exemple considéré, les autres colonnes représentent des propriétés de la fibre optique correspondant à l'exemple considéré. Les trois colonnes suivantes représentent des seuils maximum de pertes par courbure exprimées en dB/m pour un rayon de 10mm respectivement aux longueurs d'onde de 1550nm, 1625nm et 1675nm. Par exemple, pour

10 l'exemple 1a, lesdites pertes par courbure sont inférieures à 3dB/m. Les trois colonnes suivantes représentent des seuils maximum de pertes par courbure exprimées en dB/m pour un rayon de 30mm respectivement aux longueurs d'onde de 1550nm, 1625nm et 1675nm.

La figure 7 représente schématiquement un autre exemple de

15 premier type de profil à trois tranches d'une fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention. La première tranche appelée tranche centrale présente une différence maximale d'indice  $\Delta n1$  avec l'indice constant de la gaine et un rayon extérieur  $r1b$ . La différence d'indice maximale  $\Delta n1$  est positive. De préférence, entre un

20 rayon nul et le rayon  $r1a$ , l'indice est constant et maximum, il devient égal à celui de la gaine pour une valeur  $r1$  du rayon et atteint celui de la deuxième tranche pour une valeur  $r1b$ . La deuxième tranche appelée tranche enterrée présente une différence maximale d'indice  $\Delta n2$  avec l'indice constant de la gaine et un rayon extérieur  $r2$ . La différence

d'indice maximale  $\Delta n_2$  est négative. De préférence, entre le rayon  $r_{1b}$  et le rayon  $r_2$ , l'indice est constant. La troisième tranche appelée tranche annulaire présente une différence maximale d'indice  $\Delta n_3$  avec l'indice constant de la gaine et un rayon extérieur  $r_3$ . La différence d'indice maximale  $\Delta n_3$  est positive. De préférence, entre le rayon  $r_2$  et le rayon  $r_3$ , l'indice est constant. Au-delà du rayon  $r_3$  se trouve la gaine d'indice constant.

La figure 8 représente un tableau comprenant les valeurs de rayons et de différences d'indice pour une dizaine d'exemples de profils de cet autre exemple de premier type de fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention. La colonne de gauche comprend la dénomination des exemples du n°1b au n°10b. Les cinq colonnes suivantes expriment en  $\mu\text{m}$  des rayons du profil d'indice variable de cœur. Les trois dernières colonnes expriment mille fois des différences d'indice (sans unité).

La figure 9 représente un tableau comprenant certaines propriétés des profils de fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention définis à la figure 8. Sa description est analogue à celle de la figure 3.

La figure 10 représente un tableau comprenant d'autres propriétés des profils de fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention définis à la figure 8. Sa description est analogue à celle de la figure 4.

La figure 11 représente un tableau comprenant d'autres propriétés des profils de fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention définis à la figure 8. Sa description est analogue à celle de la figure 5.

5        La figure 12 représente un tableau comprenant d'autres propriétés des profils de fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention définis à la figure 8. Sa description est analogue à la figure 6.

La figure 13 représente schématiquement des deuxième,  
10 troisième et quatrième types de profil à quatre tranches d'une fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention. La première tranche appelée tranche centrale présente une différence maximale d'indice  $\Delta n_1$  avec l'indice constant de la gaine et un rayon extérieur  $r_1$ . La différence d'indice maximale  $\Delta n_1$  est positive. De  
15 préférence, entre un rayon nul et le rayon  $r_1$ , l'indice est constant. La deuxième tranche appelée tranche enterrée présente une différence maximale d'indice  $\Delta n_2$  avec l'indice constant de la gaine et un rayon extérieur  $r_2$ . La différence d'indice maximale  $\Delta n_2$  est négative. De  
20 préférence, entre le rayon  $r_1$  et le rayon  $r_2$ , l'indice est constant. Pour les deuxième et troisième types de profil, la troisième tranche appelée tranche annulaire présente une différence maximale d'indice  $\Delta n_3$  avec l'indice constant de la gaine et un rayon extérieur  $r_3$ . La différence d'indice maximale  $\Delta n_3$  est positive. De préférence, entre le rayon  $r_2$  et le rayon  $r_3$ , l'indice est constant. Pour le quatrième type de profil, la

troisième tranche appelée tranche enterrée présente une différence maximale d'indice  $\Delta n_3$  avec l'indice constant de la gaine et un rayon extérieur  $r_3$ . La différence d'indice maximale  $\Delta n_3$  est négative. De préférence, entre le rayon  $r_2$  et le rayon  $r_3$ , l'indice est constant. Pour le

5 deuxième type de profil, la quatrième tranche appelée tranche enterrée présente une différence maximale d'indice  $\Delta n_4$  avec l'indice constant de la gaine et un rayon extérieur  $r_4$ . La différence d'indice maximale  $\Delta n_4$  est négative. De préférence, entre le rayon  $r_3$  et le rayon  $r_4$ , l'indice est constant. Au-delà du rayon  $r_4$  se trouve la gaine d'indice constant. Pour

10 les troisième et quatrième types de profil, la quatrième tranche appelée tranche annulaire présente une différence maximale d'indice  $\Delta n_4$  avec l'indice constant de la gaine et un rayon extérieur  $r_4$ . La différence d'indice maximale  $\Delta n_4$  est positive. De préférence, entre le rayon  $r_3$  et le rayon  $r_4$ , l'indice est constant. Au-delà du rayon  $r_4$  se trouve la gaine

15 d'indice constant.

La figure 14 représente un tableau comprenant les valeurs de rayons et de différences d'indice pour une dizaine d'exemples des deuxième, troisième et quatrième types de profil de fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention. La colonne de

20 gauche comprend la dénomination des exemples du n°1c au n°10c. Les quatre colonnes suivantes expriment en  $\mu\text{m}$  des rayons du profil d'indice variable de cœur. Les quatre dernières colonnes expriment mille fois des différences d'indice (sans unité).

La figure 15 représente un tableau comprenant certaines propriétés des profils de fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention définis à la figure 14. Sa description est analogue à celle de la figure 3.

5            La figure 16 représente un tableau comprenant d'autres propriétés des profils de fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention définis à la figure 14. Sa description est analogue à celle de la figure 4.

10           La figure 17 représente un tableau comprenant d'autres propriétés des profils de fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention définis à la figure 14. Sa description est analogue à celle de la figure 5.

15           La figure 18 représente un tableau comprenant d'autres propriétés des profils de fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention définis à la figure 14. Sa description est analogue à la figure 6.

20           La figure 19 représente la variation de la dispersion chromatique dans les bandes S, C, L et U, des exemples de profil n°8a, n°8b et n°2c, respectivement par le biais des courbes A, A' et A'' dans lesquelles la dispersion chromatique C exprimée en ps/nm.km est située en ordonnée tandis que la longueur d'onde  $\lambda$  exprimée en nm est située en abscisse.

Selon un premier mode préférentiel supplémentaire de réalisation de l'invention, dans la fibre optique à compensation de dispersion

chromatique selon l'invention, les rayons et les indices de chacune des tranches sont également déterminés de manière à ce que la fibre optique à compensation de dispersion présente aussi, à la longueur d'onde de 1550nm, une dispersion chromatique comprise entre -200ps/nm.km et -40ps/nm.km et une différence  $\Delta n_1$  entre l'indice maximum de la tranche centrale et l'indice de la gaine comprise entre  $17,0 \cdot 10^{-3}$  et  $25,0 \cdot 10^{-3}$ . L'intervalle modéré de valeurs prises par la différence entre l'indice maximum de la tranche centrale et l'indice de la gaine permet l'obtention d'une fibre optique à compensation de dispersion chromatique présentant à la fois une meilleure atténuation et/ou de meilleures pertes par courbure que les fibres optiques dont la différence entre l'indice maximum de la tranche centrale et l'indice de la gaine vaut environ  $30 \cdot 10^{-3}$  ou plus et une dispersion chromatique plus négative que des fibres optiques dont la différence entre l'indice maximum de la tranche centrale et l'indice de la gaine vaut environ  $12 \cdot 10^{-3}$  ou moins.

Selon un deuxième mode préférentiel supplémentaire de réalisation de l'invention, dans la fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention, les rayons et les indices de chacune des tranches sont également déterminés de manière à ce que la fibre optique à compensation de dispersion présente aussi, à la longueur d'onde de 1550nm, une dispersion chromatique inférieure à -40ps/nm.km, une différence  $\Delta n_1$  entre l'indice maximum de la tranche centrale et l'indice de la gaine comprise entre  $17,0 \cdot 10^{-3}$  et  $25,0 \cdot 10^{-3}$ , une

valeur du double de l'intégrale  $S_2 = 2 \cdot \int_{r_1}^{r_2} \Delta n(r) \cdot r \cdot dr$ , entre le rayon ( $r_1$ ) de la

partie de la tranche centrale présentant un indice supérieur à l'indice de la gaine et le rayon ( $r_2$ ) de la partie de la tranche enterrée présentant un indice inférieur à l'indice de la gaine, du produit du rayon par la  
 5 différence d'indice par rapport à la gaine, qui est comprise entre  $-70 \cdot 10^{-3}$  et  $-4 \cdot 10^{-3} \mu m^2$ . L'intervalle modéré de valeurs prises par la différence entre l'indice maximum de la tranche centrale et l'indice de la gaine permet l'obtention d'une fibre optique à compensation de dispersion chromatique présentant à la fois une meilleure atténuation et/ou de  
 10 meilleures pertes par courbure que les fibres optiques dont la différence entre l'indice maximum de la tranche centrale et l'indice de la gaine vaut environ  $30 \cdot 10^{-3}$  ou plus et une dispersion chromatique plus négative que des fibres optiques dont la différence entre l'indice maximum de la tranche centrale et l'indice de la gaine vaut environ  $12 \cdot 10^{-3}$  ou moins.

15 Les premier et deuxième modes préférentiels supplémentaires de réalisation de l'invention concernent des fibres optiques destinées à être en module.

Selon un troisième mode préférentiel supplémentaire de réalisation de l'invention, dans la fibre optique à compensation de  
 20 dispersion chromatique selon l'invention, les rayons et les indices de chacune des tranches sont également déterminés de manière à ce que la fibre optique à compensation de dispersion présente aussi, à la longueur d'onde de 1550nm, une dispersion chromatique comprise entre -



40ps/nm.km et -15ps/nm.km, une pente de dispersion chromatique qui est négative. Une fibre optique à compensation de dispersion chromatique dont la dispersion chromatique est moyenne en valeur absolue est avantageuse par rapport à une fibre optique à compensation de dispersion chromatique dont la dispersion chromatique est faible en valeur absolue car pour compenser une même fibre optique de ligne, il en faut une longueur moindre ; la fibre optique à compensation de dispersion chromatique ayant une atténuation généralement supérieure à l'atténuation de la fibre optique de ligne, il est avantageux que la ligne de transmission comprenne le moins de fibre optique à compensation de dispersion chromatique possible et le plus de fibre optique de ligne possible. Une fibre optique à compensation de dispersion chromatique dont la pente de dispersion chromatique est négative est avantageuse par rapport à une fibre optique à compensation de dispersion chromatique dont la pente de dispersion chromatique est positive car la pente positive de dispersion chromatique que présente la grande majorité des fibres optiques de ligne peut ainsi également être compensée.

Selon une option préférentielle du troisième mode préférentiel supplémentaire de réalisation de l'invention, dans la fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon l'invention, les rayons et les indices de chacune des tranches sont également déterminés de manière à ce que la fibre optique à compensation de dispersion présente aussi, à la longueur d'onde de 1550nm, une différence  $\Delta n_1$  entre l'indice maximum de la tranche centrale et l'indice de la gaine qui est comprise

entre  $14,0 \cdot 10^{-3}$  et  $20,0 \cdot 10^{-3}$ . L'intervalle modéré de valeurs prises par la différence entre l'indice maximum de la tranche centrale et l'indice de la gaine permet l'obtention d'une fibre optique à compensation de dispersion chromatique présentant à la fois une meilleure atténuation et/ou de meilleures pertes par courbure que les fibres optiques dont la différence entre l'indice maximum de la tranche centrale et l'indice de la gaine vaut environ  $30 \cdot 10^{-3}$  ou plus et une dispersion chromatique plus négative que des fibres optiques dont la différence entre l'indice maximum de la tranche centrale et l'indice de la gaine vaut environ  $12 \cdot 10^{-3}$  ou moins.

Le troisième mode préférentiel supplémentaire de réalisation de l'invention concerne des fibres optiques destinées à être en ligne.

## REVENDEICATIONS

1. Fibre optique à compensation de dispersion chromatique sur plusieurs bandes spectrales dont au moins la bande C,
- 5        pour réseau de transmission à multiplexage en longueur d'onde, comportant successivement du centre vers la périphérie un cœur présentant un profil d'indice variable puis une gaine d'indice constant, le profil d'indice variable du cœur comportant successivement, du centre vers la périphérie,
- 10        une tranche centrale d'indice maximum supérieur à l'indice de la gaine,
- une tranche enterrée d'indice minimum inférieur à l'indice de la gaine,
- une tranche annulaire d'indice maximum supérieur à l'indice de la
- 15        gaine et inférieur à l'indice maximum de la tranche centrale,
- les rayons et les indices de chacune des tranches étant déterminés de manière à ce que la fibre optique à compensation de dispersion présente,
- d'une part à la longueur d'onde de 1550nm,
- 20        premièrement une dispersion chromatique inférieure à  $-8\text{ps/nm.km}$ ,
- deuxièmement un rapport dispersion chromatique sur pente de dispersion chromatique dont la valeur absolue est supérieure à 750nm,
- troisièmement un diamètre de mode supérieur à  $5\mu\text{m}$ ,

et d'autre part à la longueur d'onde de 1625nm, des pertes par courbure pour un rayon de 10mm qui sont inférieures à 400dB/m.

2. Fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon la revendication 1, caractérisée en ce que les rayons et les indices de chacune des tranches sont déterminés de manière à ce que la fibre optique à compensation de dispersion présente, à la longueur d'onde de 1550nm, un rapport dispersion chromatique sur pente de dispersion chromatique dont la valeur absolue est supérieure à 1500nm.

10

3. Fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon la revendication 1, caractérisée en ce que la fibre optique à compensation de dispersion chromatique compense la dispersion chromatique d'une fibre optique de ligne sur les bandes spectrales S, C, L et U.

15

4. Fibre optique à compensation de dispersion selon la revendication 1, caractérisée en ce que le profil d'indice variable du cœur est successivement constitué, du centre vers la périphérie,

d'une tranche centrale d'indice maximum supérieur à l'indice de la gaine,

20

d'une tranche enterrée d'indice minimum inférieur à l'indice de la gaine,

d'une tranche annulaire d'indice maximum supérieur à l'indice de la gaine et inférieur à l'indice maximum de la tranche centrale.

5. Fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon la revendication 1 ou 4, caractérisée en ce que les rayons et les indices de chacune des tranches sont déterminés de manière à ce que la fibre  
 5 optique à compensation de dispersion présente, à la longueur d'onde de 1550nm, une dispersion chromatique comprise entre  $-40\text{ps/nm.km}$  et  $-8\text{ps/nm.km}$ .

6. Fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon  
 10 la revendication 5 selon 4

caractérisée en ce que la différence ( $\Delta n_2$ ) entre l'indice minimum de la tranche enterrée et l'indice de la gaine est comprise entre  $-3,0.10^{-3}$  et  $0,0.10^{-3}$ ,

et en ce que le rayon extérieur ( $r_2$ ) de la tranche enterrée est  
 15 compris entre  $5,8\mu\text{m}$  et  $8,5\mu\text{m}$ .

7. Fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon la revendication 6 selon 4

caractérisée en ce que la différence ( $\Delta n_3$ ) entre l'indice maximum  
 20 de la tranche annulaire et l'indice de la gaine est comprise entre  $1,0.10^{-3}$  et  $6,0.10^{-3}$ ,

et en ce que le rayon extérieur ( $r_3$ ) de la tranche annulaire est compris entre  $7,2\mu\text{m}$  et  $9,7\mu\text{m}$ .

8. Fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon la revendication 5 selon 4, caractérisée en ce que la valeur du double de l'intégrale ( $S_1 = 2 \cdot \int_0^{r_1} \Delta n(r) \cdot r \cdot dr$ ), entre un rayon nul et le rayon ( $r_1$ ) de la partie de la tranche centrale présentant un indice supérieur à l'indice de la gaine, du produit du rayon par la différence d'indice par rapport à la gaine, est comprise entre  $39 \cdot 10^{-3}$  et  $65 \cdot 10^{-3} \mu m^2$ .

9. Fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon la revendication 5 selon 4, caractérisée en ce que la valeur du double de l'intégrale ( $S_2 = 2 \cdot \int_{r_1}^{r_2} \Delta n(r) \cdot r \cdot dr$ ), entre le rayon ( $r_1$ ) de la partie de la tranche centrale présentant un indice supérieur à l'indice de la gaine et le rayon ( $r_2$ ) de la partie de la tranche enterrée présentant un indice inférieur à l'indice de la gaine, du produit du rayon par la différence d'indice par rapport à la gaine, est comprise entre  $-150 \cdot 10^{-3}$  et  $-10 \cdot 10^{-3} \mu m^2$ .

15

10 Fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon la revendication 7 selon 4, caractérisée en ce que la valeur du double de l'intégrale ( $S_3 = 2 \cdot \int_{r_2}^{r_3} \Delta n(r) \cdot r \cdot dr$ ), entre le rayon ( $r_2$ ) de la partie de la tranche enterrée présentant un indice inférieur à l'indice de la gaine et le rayon ( $r_3$ ) de la partie de la tranche annulaire présentant un indice supérieur à l'indice de la gaine, du produit du rayon par la différence d'indice par rapport à la gaine, est comprise entre  $30 \cdot 10^{-3}$  et  $140 \cdot 10^{-3} \mu m^2$ .

20

11. Fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon la revendication 8 selon 4, caractérisée en ce que la valeur du triple de l'intégrale ( $S_{11} = 3 \cdot \int_0^{r_1} \Delta n(r) r^2 \cdot dr$ ), entre un rayon nul et le rayon ( $r_1$ ) de la

5 partie de la tranche centrale présentant un indice supérieur à l'indice de la gaine, du produit du carré du rayon par la différence d'indice par rapport à l'indice de la gaine, est comprise entre  $59 \cdot 10^{-3} \mu\text{m}^3$  et  $123 \cdot 10^{-3} \mu\text{m}^3$ .

10 12. Fibre optique à compensation de dispersion selon la revendication 5 selon 1, caractérisée en ce que la tranche centrale est en forme de rectangle.

13. Fibre optique à compensation de dispersion chromatique  
15 selon la revendication 12,

caractérisée en ce que la différence ( $\Delta n_1$ ) entre l'indice maximum de la tranche centrale et l'indice de la gaine est comprise entre  $14,0 \cdot 10^{-3}$  et  $20,0 \cdot 10^{-3}$ ,

et en ce que le rayon ( $r_1$ ) de la partie de la tranche centrale  
20 présentant un indice supérieur à l'indice de la gaine est compris entre  $1,4 \mu\text{m}$  et  $1,9 \mu\text{m}$ .

14. Fibre optique à compensation de dispersion selon la revendication 5 selon 1, caractérisée en ce que la tranche centrale est en forme de trapèze.

5 15. Fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon la revendication 14,

caractérisée en ce que la différence ( $\Delta n_1$ ) entre l'indice maximum de la tranche centrale et l'indice de la gaine est comprise entre  $14,0 \cdot 10^{-3}$  et  $20,0 \cdot 10^{-3}$ ,

10 en ce que le rayon ( $r_1$ ) de la partie de la tranche centrale présentant un indice supérieur à l'indice de la gaine est compris entre  $1,4 \mu\text{m}$  et  $1,9 \mu\text{m}$ ,

et en ce que le rayon ( $r_{1a}$ ) de la partie de la tranche centrale présentant l'indice maximum de la tranche centrale est compris entre

15  $1,31 \mu\text{m}$  et  $1,88 \mu\text{m}$ .

16. Fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon la revendication 1 ou 4, caractérisée en ce que les rayons et les indices de chacune des tranches sont déterminés de manière à ce que la

20 fibre optique à compensation de dispersion présente, à la longueur d'onde de  $1550 \text{nm}$ , une dispersion chromatique inférieure à  $-40 \text{ps/nm.km}$ .



17. Fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon la revendication 16 selon 4,

caractérisée en ce que la différence ( $\Delta n_2$ ) entre l'indice minimum de la tranche enterrée et l'indice de la gaine est comprise entre  $-5,5 \cdot 10^{-3}$  et  $0,0 \cdot 10^{-3}$ ,

et en ce que le rayon extérieur ( $r_2$ ) de la tranche enterrée est compris entre  $3,7 \mu\text{m}$  et  $6,7 \mu\text{m}$ .

18. Fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon la revendication 17 selon 4,

caractérisée en ce que la différence ( $\Delta n_3$ ) entre l'indice maximum de la tranche annulaire et l'indice de la gaine est comprise entre  $1,0 \cdot 10^{-3}$  et  $8,0 \cdot 10^{-3}$ ,

et en ce que le rayon extérieur ( $r_3$ ) de la tranche annulaire est compris entre  $6,1 \mu\text{m}$  et  $8,4 \mu\text{m}$ .

19. Fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon la revendication 16 selon 4, caractérisée en ce que la valeur du double de l'intégrale ( $S_1 = 2 \cdot \int_0^{r_1} \Delta n(r) \cdot r \cdot dr$ ), entre un rayon nul et le rayon ( $r_1$ ) de la partie de la tranche centrale présentant un indice supérieur à l'indice de la gaine, du produit du rayon par la différence d'indice par rapport à la gaine, est comprise entre  $32 \cdot 10^{-3}$  et  $52 \cdot 10^{-3} \mu\text{m}^2$ .

20. Fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon la revendication 17 selon 4, caractérisée en ce que la valeur du double de l'intégrale ( $S_2 = 2 \cdot \int_{r_1}^{r_2} \Delta n(r) \cdot r \cdot dr$ ), entre le rayon ( $r_1$ ) de la partie de la tranche centrale présentant un indice supérieur à l'indice de la gaine et le rayon ( $r_2$ ) de la partie de la tranche enterrée présentant un indice inférieur à l'indice de la gaine, du produit du rayon par la différence d'indice par rapport à la gaine, est comprise entre  $-70 \cdot 10^{-3}$  et  $-4 \cdot 10^{-3} \mu\text{m}^2$ .

21 Fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon la revendication 18 selon 4, caractérisée en ce que la valeur du double de l'intégrale ( $S_3 = 2 \cdot \int_{r_2}^{r_3} \Delta n(r) \cdot r \cdot dr$ ), entre le rayon ( $r_2$ ) de la partie de la tranche enterrée présentant un indice inférieur à l'indice de la gaine et le rayon ( $r_3$ ) de la partie de la tranche annulaire présentant un indice supérieur à l'indice de la gaine, du produit du rayon par la différence d'indice par rapport à la gaine, est comprise entre  $7 \cdot 10^{-3}$  et  $150 \cdot 10^{-3} \mu\text{m}^2$ .

22. Fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon la revendication 19 selon 4, caractérisée en ce que la valeur du triple de l'intégrale ( $S_{11} = 3 \cdot \int_0^{r_1} \Delta n(r) \cdot r^2 \cdot dr$ ), entre un rayon nul et le rayon ( $r_1$ ) de la partie de la tranche centrale présentant un indice supérieur à l'indice de la gaine, du produit du carré du rayon par la différence

d'indice par rapport à l'indice de la gaine, est comprise entre  $40.10^{-3} \mu\text{m}^3$  et  $80.10^{-3} \mu\text{m}^3$ .

23. Fibre optique à compensation de dispersion selon la  
5 revendication 16 selon 1, caractérisée en ce que la tranche centrale est en forme de rectangle.

24. Fibre optique à compensation de dispersion chromatique  
selon la revendication 23,  
10 caractérisée en ce que la différence ( $\Delta n_1$ ) entre l'indice maximum de la tranche centrale et l'indice de la gaine est comprise entre  $17,0.10^{-3}$  et  $25,0.10^{-3}$ ,

et en ce que le rayon ( $r_1$ ) de la partie de la tranche centrale  
présentant un indice supérieur à l'indice de la gaine est compris entre  
15  $1,2\mu\text{m}$  et  $1,7\mu\text{m}$ .

25. Fibre optique à compensation de dispersion selon la  
revendication 16 selon 1, caractérisée en ce que la tranche centrale est en  
forme de trapèze.

20

26. Fibre optique à compensation de dispersion chromatique  
selon la revendication 25,

caractérisée en ce que la différence ( $\Delta n_1$ ) entre l'indice maximum de la tranche centrale et l'indice de la gaine est comprise entre  $17,0 \cdot 10^{-3}$  et  $25,0 \cdot 10^{-3}$ ,

5 en ce que le rayon ( $r_1$ ) de la partie de la tranche centrale présentant un indice supérieur à l'indice de la gaine est compris entre  $1,2 \mu\text{m}$  et  $1,7 \mu\text{m}$ ,

et en ce que le rayon ( $r_{1a}$ ) de la partie de la tranche centrale présentant l'indice maximum de la tranche centrale est compris entre  $1,11 \mu\text{m}$  et  $1,70 \mu\text{m}$ .

10

27. Fibre optique à compensation de dispersion selon la revendication 4 ou 16, caractérisée en ce que les rayons et les indices de chacune des tranches sont déterminés de manière à ce que la fibre optique à compensation de dispersion présente une longueur d'onde de  
15 coupure théorique supérieure à  $1600 \text{nm}$ .

28. Fibre optique à compensation de dispersion selon la revendication 1, caractérisée en ce que le profil d'indice variable du cœur est successivement constitué, du centre vers la périphérie,

20 d'une tranche centrale d'indice maximum supérieur à l'indice de la gaine,

d'une tranche enterrée d'indice minimum inférieur à l'indice de la gaine,

d'une première tranche annulaire d'indice maximum supérieur à l'indice de la gaine et inférieur à l'indice maximum de la tranche centrale,  
 d'une deuxième tranche annulaire d'indice maximum supérieur à l'indice de la gaine et supérieur à l'indice de la première tranche  
 5 annulaire.

29. Fibre optique à compensation de dispersion selon la revendication 1, caractérisée en ce que le profil d'indice variable du cœur est successivement constitué, du centre vers la périphérie,  
 10 d'une tranche centrale d'indice maximum supérieur à l'indice de la gaine,  
 d'une première tranche enterrée d'indice minimum inférieur à l'indice de la gaine,  
 d'une deuxième tranche enterrée d'indice minimum inférieur à  
 15 l'indice de la gaine et supérieur à l'indice de la première tranche enterrée,  
 d'une tranche annulaire d'indice maximum supérieur à l'indice de la gaine et inférieur à l'indice maximum de la tranche centrale.

30. Fibre optique à compensation de dispersion selon la  
 20 revendication 1, caractérisée en ce que le profil d'indice variable du cœur est successivement constitué, du centre vers la périphérie,  
 d'une tranche centrale d'indice maximum supérieur à l'indice de la gaine,

d'une première tranche enterrée d'indice minimum inférieur à l'indice de la gaine,

d'une tranche annulaire d'indice maximum supérieur à l'indice de la gaine et inférieur à l'indice maximum de la tranche centrale,

5 d'une deuxième tranche enterrée d'indice minimum inférieur à l'indice de la gaine.

31. Fibre optique à compensation de dispersion selon la revendication 28, 29 ou 30, caractérisée en ce que les rayons et les indices de chacune des tranches sont déterminés de manière à ce que la fibre optique à compensation de dispersion présente une longueur d'onde de coupure théorique supérieure à 1550nm.

32. Fibre optique à compensation de dispersion selon la revendication 1, caractérisée en ce que les rayons et les indices de chacune des tranches sont déterminés de manière à ce que la fibre optique à compensation de dispersion présente, à la longueur d'onde de 1550nm, une pente de dispersion chromatique dont la valeur absolue est inférieure à 0,02ps/nm<sup>2</sup>.km.

20

33. Fibre optique à compensation de dispersion selon la revendication 1, caractérisée en ce que les rayons et les indices de chacune des tranches sont déterminés de manière à ce que la fibre

optique à compensation de dispersion présente, à la longueur d'onde de 1550nm, une surface effective supérieure à  $20\mu\text{m}^2$ .

34. Fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon la revendication 1, caractérisée en ce que les rayons et les indices de chacune des tranches sont déterminés de manière à ce que la fibre optique à compensation de dispersion présente, à la longueur d'onde de 1550nm,

une dispersion chromatique comprise entre  $-200\text{ps/nm.km}$  et  $-40\text{ps/nm.km}$ ,

une différence ( $\Delta n_1$ ) entre l'indice maximum de la tranche centrale et l'indice de la gaine comprise entre  $17,0.10^{-3}$  et  $25,0.10^{-3}$ .

35. Fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon la revendication 1, caractérisée en ce que les rayons et les indices de chacune des tranches sont déterminés de manière à ce que la fibre optique à compensation de dispersion présente, à la longueur d'onde de 1550nm,

une dispersion chromatique inférieure à  $-40\text{ps/nm.km}$ ,

une différence ( $\Delta n_1$ ) entre l'indice maximum de la tranche centrale et l'indice de la gaine comprise entre  $17,0.10^{-3}$  et  $25,0.10^{-3}$ ,

une valeur du double de l'intégrale ( $S_2 = 2 \cdot \int_{r_1}^{r_2} \Delta n(r) \cdot r \cdot dr$ ), entre le rayon ( $r_1$ ) de la partie de la tranche centrale présentant un indice

supérieur à l'indice de la gaine et le rayon ( $r_2$ ) de la partie de la tranche enterrée présentant un indice inférieur à l'indice de la gaine, du produit du rayon par la différence d'indice par rapport à la gaine, qui est comprise entre  $-70.10^{-3}$  et  $-4.10^{-3} \mu\text{m}^2$ .

5

36. Fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon la revendication 1 ou 32, caractérisée en ce que les rayons et les indices de chacune des tranches sont déterminés de manière à ce que la fibre optique à compensation de dispersion présente, à la longueur d'onde de 1550nm,

10

une dispersion chromatique comprise entre  $-40\text{ps/nm.km}$  et  $-15\text{ps/nm.km}$ ,

une pente de dispersion chromatique qui est négative.

15

37. Fibre optique à compensation de dispersion chromatique selon la revendication 36, caractérisée en ce que la différence ( $\Delta n_1$ ) entre l'indice maximum de la tranche centrale et l'indice de la gaine est comprise entre  $14,0.10^{-3}$  et  $20,0.10^{-3}$ .

20

38. Système de transmission à fibre optique comprenant l'association d'une fibre optique de ligne et d'une fibre optique à compensation de dispersion selon la revendication 1, la fibre optique à compensation de dispersion étant en ligne.



39. Système de transmission à fibre optique comprenant l'association d'une fibre optique de ligne et d'une fibre optique à compensation de dispersion selon la revendication 1, la fibre optique à compensation de dispersion étant en module.

5

10

## ABREGE

## FIBRE OPTIQUE A COMPENSATION DE DISPERSION CHROMATIQUE

5           L'invention concerne une fibre optique à compensation de  
dispersion chromatique multibande, comportant successivement du  
centre vers la périphérie une tranche centrale d'indice maximum  
supérieur à l'indice de la gaine, une tranche enterrée d'indice minimum  
inférieur à l'indice de la gaine, une tranche annulaire d'indice maximum  
10 supérieur à l'indice de la gaine et inférieur à l'indice maximum de la  
tranche centrale, une gaine d'indice constant, et présentant, d'une part à  
la longueur d'onde de 1550nm, premièrement une dispersion  
chromatique inférieure à  $-8\text{ps/nm.km}$ , deuxièmement un rapport  
dispersion chromatique sur pente de dispersion chromatique dont la  
15 valeur absolue est supérieure à 750nm, troisièmement un diamètre de  
mode supérieur à  $5\mu\text{m}$ , et d'autre part à la longueur d'onde de 1625nm,  
des pertes par courbure pour un rayon de 10mm qui sont inférieures à  
400dB/m.

20           Pas de figure